

# HEREDITARIEDADE E A NATUREZA DA CIÊNCIA

## Primeira aula (T1)

Texto adaptado de:  
MOORE, J. A. Science as a Way of Knowing - Genetics. *Amer. Zool.* v. 26: p. 583-747, 1986.

## Objetivos

1. Distinguir senso comum e ciência.
2. Explicar a hipótese da pangênese de Hipócrates.
3. Comparar o método baconiano, a maneira clássica (teológico-medieval) e a modo atual de analisar a natureza.
4. Conceituar os termos: indução, dedução, fato, hipótese, lei e teoria.
5. Comparar as idéias de Popper e de Thomas Kuhn sobre o conhecimento científico.

## SENSO COMUM E CIÊNCIA

Uma característica humana é a necessidade que as pessoas têm de interpretar a natureza, desde o universo mais amplo até a si mesmas. A maneira mais comum de se fazer essa interpretação é por meio do chamado senso comum.

**Senso comum** é uma forma não-programada de conhecimento que se dá pela simples observação dos fatos, em geral, sem um aprofundamento racional. Isto é, não há uma preocupação com as explicações para os fatos, ou, quando estas são propostas, não há uma preocupação em testá-las. Muitas vezes, as explicações propostas são de natureza mística ou sobrenatural. No entanto, a importância do senso comum não deve ser subestimada; foi essa forma de conhecimento que produziu as bases sobre as quais se sustenta a civilização moderna. Foi esse tipo de conhecimento que levou à descoberta e ao melhoramento das plantas comestíveis e medicinais, ao melhoramento dos animais para uso humano, à invenção da roda e da maioria das máquinas, apenas para citar alguns exemplos.

A ciência difere do senso comum porque procura explicações sistemáticas para fatos (provenientes da observação e de experimentos), as quais possam ser submetidas a testes e a críticas por meio de provas empíricas<sup>1</sup>. O objetivo do conhecimento científico é desvendar a ordem oculta que atrás das aparências das coisas ou fenômenos.

Além da racionalidade, uma segunda característica do conhecimento científico é a objetividade. Assim, em ciência deve-se fazer grande esforço no sentido de excluir ao máximo a rigidez de pensamento, a emoção, a aceitação prévia de afirmações, as opiniões pessoais não baseadas em informações científicas e as explicações sobrenaturais. O ideal seria acreditar só no que a natureza nos mostra e não no que gostaríamos que fosse verdade por razões pessoais, religiosas, políticas etc.

O poder da ciência como caminho para o conhecimento reside no fato de que toda resposta, independentemente de como ela foi obtida, necessita ser confirmada por outros cientistas com igual sabedoria, perícia e receptividade. Assim, os procedimentos da ciência são autocorrigíveis. Nesse sentido, o caminho da ciência contrasta com o da filosofia, da religião e de muitas disciplinas humanísticas em que a opinião frequentemente toma o lugar das conclusões verificáveis. O contraste entre esses dois modos de pensar é importante tendo-se em vista o objetivo da resposta que se procura.

<sup>1</sup> Empírico é relativo ao mundo natural observável. Na verdade, a ciência moderna lida com diversos fenômenos que não são diretamente observáveis, tais como as partículas fundamentais, genes, estados da mente, etc. Nesse contexto amplo, empírico refere-se ao uso de informações obtidas da observação direta ou indireta.

A ciência tem se mostrado um poderoso instrumento para solucionar muitos dos problemas que surgem da interação entre seres humanos e o mundo não-humano ao nosso redor, e também alguns dos problemas das interações entre os próprios seres humanos. Contudo, não se pode desejar que a ciência nos diga o que é bom, justo, belo, ou mesmo prazeroso. Em muitos casos, no entanto, as informações científicas podem nos ajudar a prever o resultado de decisões humanas e, uma vez tomadas essas decisões, procedimentos científicos podem nos ajudar a atingir os objetivos desejados.

Mais do que qualquer outro aspecto da civilização, a ciência está moldando nossas vidas e as perspectivas futuras. Essa é uma das razões pelas quais não se pode permitir que seu controle esteja unicamente nas mãos de uma elite. Cursos de ciências devem fornecer uma compreensão efetiva do alcance e das limitações dos procedimentos científicos. Os atuais estudantes, futuros líderes da sociedade, precisam entender que o conhecimento científico é uma condição necessária para o desenvolvimento de novas relações com o mundo natural. Se a humanidade deseja evitar um desastre terminal sem paralelo é fundamental o desenvolvimento de novos tipos de relações com a natureza. Precisamos entender que ciência é uma arma poderosa para atingir objetivos humanos, mas que é impossível para a ciência definir esses objetivos.

## AS ORIGENS DA TEORIA GENÉTICA

### A importância da teoria genética

Em 1973, o famoso biólogo Theodosius Dobzhansky lançou um desafio aos criacionistas, *“Nada em Biologia faz sentido a não ser sob a luz da evolução”*. Isso é uma verdade, embora exista algo mais fundamental de onde derivam todos os principais conceitos em Biologia, a Genética.

A característica fundamental de um ser vivo é sua capacidade de se replicar com grande exatidão, transformando matéria e energia do mundo não-vivo em mais matéria viva. A replicação e todos os demais aspectos da vida são reflexos da estrutura e funcionamento do material genético – o ácido nucléico. A Genética é o campo de investigação que procura entender esse fenômeno de replicação e, portanto, deve ser considerada básica para toda a Biologia.

Veja como da replicação genética está na base de todas as áreas da Biologia. A Biologia Evolutiva é o campo que investiga os aspectos da replicação ao longo do tempo. A Biologia do Desenvolvimento é o campo de investigação que lida com a replicação ao longo do ciclo de vida de um organismo. A Sistemática estuda a diversidade da vida que é uma consequência da replicação, modulada pelo ambiente ao longo do tempo. A Ecologia lida com as interações entre o ambiente e o indivíduo ou grupos de indivíduos, os quais são geneticamente programados. As consequências estruturais e funcionais da atividade do material genético em todos os níveis de organização, desde a célula até o organismo, são estudadas pela Morfologia e Fisiologia. Assim, Genética, incluindo sua manifestação a longo prazo – a Biologia Evolutiva – é a disciplina integradora de todos os conceitos e informações biológicas.

Hoje existem problemas especiais no ensino da Genética para principiantes. Esse ramo da ciência está se desenvolvendo de modo tão espetacular e rápido que é grande a tentação de apresentar principalmente as descobertas mais recentes – quando existe tanta coisa interessante para ser dita é difícil não dizê-las. No entanto, quando isso é feito dessa maneira, sem fornecer inicialmente uma estrutura conceitual da área, as novidades podem ser memorizadas, mas é impossível compreendê-las e apreciá-las em toda sua profundidade. O que é “antigo” para cientistas e professores pode ser “novo” para os alunos. Assim, aprender sobre cromossomos sexuais ou como se descobriu que o DNA é o material hereditário podem ser histórias heróicas, importantes e estimulantes para aqueles que desconhecem como esses “quebra-cabeças” foram desvendados. Ou, como disse J. R. Baker: *“Em muitos campos da ciência é necessário conhecer a embriologia das idéias: nossa visão moderna só pode ser completamente compreendida e julgada se nós entendermos as razões que nos fizeram pensar como nós pensamos.”*

Esse conselho emitido há duas gerações é ainda mais importante hoje. A velocidade com que o progresso alimenta a estrutura conceitual da Biologia é tão grande que existe o perigo de a saturação de informação nos levar a esquecer a própria estrutura conceitual. Os estudantes não devem ser empanturrados com informações e privados de entendimento.

## O que a ciência genética pretende responder?

Ciência é um instrumento poderoso para se entender a natureza. Ela cria uma imagem de mundo na qual acreditam tanto os cientistas como boa parte das pessoas. Mas, ao contrário do que se poderia pensar, o enorme sucesso da ciência moderna deve-se ao fato de ela procurar respostas para questões específicas, as quais, com frequência, parecem triviais e não relacionadas com os “grandes temas”.

Por mais surpreendente que possa parecer, **um dos grandes obstáculos para se compreender a natureza é a incapacidade de se formular a pergunta apropriada.** Por exemplo, a Genética, hoje um dos campos mais rigorosos e conceitualmente completos da Biologia, só alcançou esse estágio de desenvolvimento nos últimos cinquenta anos. Durante milênios a humanidade não conseguiu respostas para a hereditariedade porque foi incapaz de formular questões adequadas. Em ciência, questões adequadas são aquelas passíveis de observação e experimentação e, portanto, de serem respondidas.

Assim, durante a maior parte da história da humanidade, hereditariedade não foi mais do que um princípio vago, desprovido de leis precisas e de resultados previsíveis. Reflita, por exemplo, sobre os tipos de informação que se podia reunir a respeito de hereditariedade. Os filhos de um casal, com frequência, diferem entre si em uma série de características; alguns são mulheres, outros são homens – uma diferença profunda. A não ser no caso de gêmeos idênticos, os irmãos diferem bastante na aparência e na personalidade. Algumas vezes, as crianças têm pouca semelhança com seus pais, outras vezes a semelhança familiar é grande. Como pode a mesma causa – a reprodução pelos mesmos pais – produzir resultados tão diferentes? No entanto, existe alguma regularidade; por exemplo, os filhos de índios, de negros, de orientais e de caucasianos têm os traços típicos de suas raças.

Até o século XX, observações em uma grande diversidade de organismos não foram além da conclusão de que, apenas nos aspectos mais gerais, os descendentes se assemelham a seus pais. Nenhuma regra que relacionasse as características da prole com as de seus pais foi descoberta. Isso não surpreende, pois, respostas vagas era tudo o que se podia esperar de uma questão vaga - “Qual

é a natureza da hereditariedade?” Não existia nenhuma hipótese aceitável que explicasse o fato de que a hereditariedade parecia consistir da transmissão de semelhanças, de diferenças e mesmo de novidades.

Uma vez que o valor educacional em ciência reside não apenas na informação que ela fornece, mas também na maneira de se obter essa informação, é importante conhecermos algumas tentativas antigas para entender a hereditariedade.

Como acontece com muitos outros tópicos da Biologia, é conveniente começar pelos antigos filósofos gregos. As raízes de como nós pensamos a respeito de fenômenos científicos remonta aos antigos gregos, da mesma forma que nosso modo não-científico de pensar tem sua origem nos antigos hebreus (via bíblias hebraica e cristã). Os antigos filósofos gregos muitas vezes definiram o problema e sugeriram hipóteses que perduraram até os tempos modernos. Consideraremos apenas dois desses filósofos: Hipócrates e Aristóteles.

### Idéias de Hipócrates sobre hereditariedade

Hipócrates, considerado o Pai da Medicina, poderia também ser aceito como um dos Pais da Genética. Por volta do ano 410 a.C., ele propôs a **pangênese** como uma hipótese para explicar a hereditariedade. A pangênese admitia que a hereditariedade baseava-se na produção de partículas por todas as partes do corpo e na transmissão dessas partículas para a descendência no momento da concepção. Darwin iria adotar essa mesma hipótese muitos séculos depois, tendo a pangênese permanecido como a única teoria geral de hereditariedade até o final do século XIX.

Hipócrates elaborou essa hipótese a partir do conhecimento da existência de uma população humana, os macrocéfalos, cuja característica era ter cabeça muito alongada. Nesta população, ter cabeça longa era sinal de nobreza; assim, os pais procuravam moldar os crânios ainda flácidos dos recém-nascidos de acordo com a forma desejada. Veja o que Hipócrates escreveu sobre esse fato: “*A característica [cabeça alongada] era, assim, adquirida inicialmente de modo artificial, mas, com o passar do tempo, ela se tornou uma característica hereditária e a prática [moldagem do crânio dos recém-nascidos] não foi mais necessária. A semente vem de todas as partes do corpo, as saudáveis das partes saudáveis, as doentes das partes doentes. Se pais com pouco cabelo*

*têm, em geral, filhos com pouco cabelo, se pais com olhos cinzentos têm filhos com olhos cinzentos, se pais estrábicos têm filhos estrábicos, por que pais com cabeças alongadas não teriam filhos com cabeças alongadas?”*

Hipócrates propôs também o conceito de hereditariedade de caracteres adquiridos – um ponto de vista que viria a ser adotado por Lamarck como o mecanismo das mudanças evolutivas – uma explicação, ainda hoje, aceita por muitas pessoas.

Embora não pareça, a hipótese de Hipócrates para a hereditariedade foi um grande começo. Ele identificou um problema científico (possivelmente o passo mais difícil de todos), propôs uma explicação (hipótese) e a escreveu de uma maneira compreensível. A elaboração de uma análise assim, há dois mil e quinhentos anos, é algo excepcional.

### **Idéias de Aristóteles sobre hereditariedade**

Aristóteles (384-322 a.C.) em seu livro *Geração dos animais* trata de problemas genéticos e de desenvolvimento. Essa ligação entre dois campos aparentemente tão distintos tem uma conotação bastante atual.

Aristóteles admitia a existência de uma **base física da hereditariedade** no sêmen produzido pelos pais. Esse ponto, tão óbvio nos dias de hoje, foi fundamental para todo trabalho posterior na área. Essa idéia permitiu que se deixasse de atribuir à hereditariedade uma base sobrenatural ou emocional e se passasse a pensá-la como resultado da transmissão de algum tipo de substância pelos pais. Naquela época, cerca de quatro séculos antes de nossa era, sabia-se muito pouco a respeito da natureza do sêmen. Aristóteles usou o termo “sêmen” como nós usamos gametas atualmente e não para designar a secreção dos machos que contém os espermatozoides. O papel dos gametas na reprodução só foi estabelecido em meados do século XIX.

A maneira como Aristóteles discutiu a hipótese da pangênese sugere que ela era bastante conhecida e, provavelmente, bem aceita na época; ele, no entanto, a rejeitou. Aristóteles lista quatro informações e argumentos mais importantes que apoiavam a pangênese como uma hipótese plausível. Em primeiro lugar, a observação de que a cópula (nos humanos) dava prazer a todo o corpo permitia sugerir que todo o corpo contribuía para o sêmen. Segundo, existiam informações

que sugeriam a hereditariedade de mutilações. Um relato nesse sentido vinha da região do estreito de Bósforo, na atual Turquia, onde um homem havia sido marcado a ferro quente em um dos braços e seu filho, nascido pouco tempo depois, tinha um defeito no braço. Terceiro, era comum observar que os filhos se parecem com os pais não no geral, mas em características particulares. Assim, estas deviam produzir substâncias específicas que se tornariam parte do sêmen. E quarto, se era produzido sêmen para o geral, por que não também para partes específicas do corpo?

Apesar desses argumentos favoráveis, Aristóteles rejeitou a pangênese. A partir da observação de que as semelhanças entre pais e filhos não se restringia à estrutura corporal mas podia abranger outras características como voz e jeito de andar, Aristóteles se perguntou como características não-estruturais poderiam produzir material para o sêmen. Além disso, filhos de pais com cabelos e barbas grisalhos não são grisalhos ao nascer. Foi observado também que certas crianças pareciam herdar características de ancestrais remotos, que dificilmente poderiam ter contribuído para o sêmen dos pais. Era conhecido o caso de uma mulher de Elis (na região noroeste da Grécia Peloponésia) que teve, com um homem negro, uma filha branca, mas seu neto tinha pele escura.

As mais importantes evidências que refutavam a pangênese de Hipócrates eram do mesmo tipo das que foram usadas para refutar a hipótese da pangênese de Darwin, cerca de dois mil anos mais tarde. O fato de as plantas mutiladas poderem produzir descendência perfeita era bem conhecido. Além disso, havia ainda o poderoso argumento de que se o pai e a mãe produzem sêmen com partículas precursoras de todas as partes do corpo, não deveria se esperar que os descendentes tivessem duas cabeças, quatro braços etc?

Estes e muitos outros argumentos levaram Aristóteles a rejeitar a pangênese e a perguntar: *“Por que não admitir diretamente que o sêmen ... origina o sangue e a carne, ao invés de afirmar que o sêmen é ele próprio tanto sangue quanto carne?”*

Na verdade, isto era o máximo que Aristóteles poderia concluir com os informações e a metodologia de seu tempo. Ele propôs uma hipótese, que embora vaga, é ainda hoje considerada verdadeira acima de qualquer suspeita. Essa

hipótese seria o limite conceitual para os dois milênios seguintes. Durante todo esse tempo, a falta de progresso na compreensão da hereditariedade foi conseqüência principalmente da incapacidade de formular perguntas precisas que pudessem ser estudadas com a metodologia disponível.

### A questão da hereditariedade após Aristóteles

O interesse pelas questões científicas praticamente cessou no mundo ocidental durante o longo período em que a Igreja exerceu hegemonia sobre o pensamento humano. Foi apenas bem depois do Renascimento que a observação e a experimentação passaram a ser aplicadas de maneira sistemática na tentativa de se compreender a hereditariedade. Mesmo assim o progresso foi muito lento, novamente porque não se conseguia formular uma pergunta adequada.

Durante os séculos XVIII e XIX, o procedimento padrão de se procurar informações a respeito de hereditariedade era por meio de cruzamentos. Eram feitos cruzamentos entre indivíduos com estados contrastantes das características e a descendência era analisada. Até hoje esse é um dos procedimentos mais poderosos para se obter informações a respeito de hereditariedade. Contudo, pouco progresso foi feito no campo da hereditariedade até o final do século XIX. Assim, poucas coisas relevantes no campo do estudo da hereditariedade aconteceram no período entre Aristóteles (384-322 a.C.) e Gregor Mendel (1822-1884), mas nesse período foram estabelecidas as bases da investigação científica.

### AS ORIGENS DA CIÊNCIA

A incapacidade dos antigos obterem avanços significativos no campo da hereditariedade causa surpresa, considerando a idéia generalizada de que existem procedimentos padrões em ciência – o método científico – que, se devidamente seguidos, levam inexoravelmente a novas descobertas e entendimentos profundos. Esses procedimentos são aquisições recentes que foram sendo formulados lentamente pelos filósofos durante séculos, mas como quase sempre acontece, as contribuições de alguns indivíduos se destacam.

Admite-se que a ciência moderna teve início com Galileu em 1632 e que a filosofia da ciência foi iniciada por Francis Bacon (1561 - 1626),

Lorde Chanceler da Inglaterra. Bacon é considerado por de Solla Price (1975), como sendo quem estabeleceu a revolução científica e organizou o método científico.

### Francis Bacon e a Nova Era

Em uma série de livros publicados entre 1606 e 1626, Bacon defende a **ciência empírica** e critica severamente o hábito clássico e teológico-medieval de começar uma investigação com um ponto de vista aceito como verdade, deduzindo a partir daí as conseqüências. Sua contribuição para o desenvolvimento da ciência está no fato que ele considerava tanto a observação empírica quanto a obtida por meio dos experimentos formais como o único caminho adequado para se testar hipóteses. Seus argumentos tiveram enorme influência e levaram ao rápido crescimento do número de cientistas profissionais nos dois séculos subsequentes.

A sugestão de Bacon era começar com as observações, não com a fé. Isto é, devia-se partir dos fatos conhecidos relacionados com algum fenômeno natural e tentar formular princípios gerais que explicassem esses fatos. Esse método lógico de raciocínio do particular para o geral é conhecido como **indução** – um procedimento que está na base da ciência moderna.

As idéias de Bacon de como fazer ciência foram descritas em seu livro *Instauratio Magna* de 1620. Ele começa apontando a ineficiência das tentativas anteriores de compreender a natureza e ressalta que, a menos que se tome muito cuidado, as coisas que a mente humana absorve, tendem a ser “*falsas, confusas e abstraídas dos fatos*”. Em boa medida, isso é conseqüência de observarmos o que já assumimos como sendo verdade. A conseqüência disso é que “*a filosofia e outras ciências intelectuais ... mantêm-se como estátuas, são adoradas e celebradas, mas não se movem ou avançam*”.

Segundo essa visão, um conhecimento do mundo natural digno de confiança vem da observação da própria natureza e não de testes da mente humana. A natureza seria o juiz no plano de Bacon de “*começar a reconstrução total das ciências, das Artes e de todo conhecimento humano*” – sua “Grande Renovação”.

Ele sugere que uma investigação comece pela reunião de todas as informações obtidas por

observações e experimentos relacionados com o tópico investigado. Deve-se tomar muito cuidado para evitar a inclusão de informações erradas, o que, é claro, levaria a conclusões falsas.

### **Armadilhas da mente: ídolos a serem abominados**

Segundo Bacon, a mente precisa se proteger de idéias preconcebidas para que as informações sejam interpretadas com exatidão. Essa é uma tarefa quase impossível de ser cumprida uma vez que o que somos, pensamos e fazemos depende enormemente de nossa aceitação das crenças da sociedade onde vivemos e da ciência que professamos. Essas crenças tornam-se os ídolos aos quais nos submetemos, e a extensão dessa submissão pode levar a conclusões erradas.

Bacon lista quatro grupos: ídolos da Tribo, da Caverna, do Mercado e do Teatro. (Bertrand Russell reconhece mais um grupo, que denominou ídolos da Escola).

Os ídolos da Tribo são idéias erradas preconcebidas e pensamento confuso, comuns a todo ser humano.

Os ídolos da Caverna são as crenças erradas de cada mente individual – a mente da pessoa comportando-se como uma caverna isolada. Bacon aponta especialmente como cada pessoa tende a favorecer suas próprias opiniões e descobertas – um sério problema em nossos dias. Outros ídolos da Caverna decorrem de uma valorização indevida do que é antigo ou das novidades.

Os ídolos do Mercado são os problemas semânticos que surgem quando as pessoas tentam se comunicar e utilizam palavras diferentes. As palavras de nossos idiomas foram criadas devido às necessidades do dia-a-dia e, com frequência, são impróprias, ou não são específicas o suficiente, para serem usadas em ciência.

Os ídolos do Teatro, isto é, dos sistemas filosóficos, consistem na utilização de modos de pensar religiosos ou filosóficos em que a “verdade” é deduzida de premissas pré-estabelecidas. Bacon aponta, por exemplo, o fato de algumas pessoas tentarem encontrar um sistema filosófico natural (isto é, Ciências Naturais) no primeiro livro da Gênese.

Existem problemas mais gerais difíceis de serem combatidos, como a superstição, a cegueira aos fatos e o imoderado fervor religioso.

### **O método hipotético – dedutivo**

O procedimento preconizado por Bacon evoluiu para o chamado **método hipotético-dedutivo**. Nessa concepção, um estudo científico começa pela observação e/ou experimentação de algum fenômeno natural, utilizando as informações obtidas para se chegar a algum entendimento das causas fundamentais ou de associações entre eventos aparentemente não relacionados. Hipóteses provisórias são formuladas com base nas informações selecionadas e, a partir dessas hipóteses, são feitas deduções que permitem testá-las.

Assim, a dedução continua a ser um poderoso componente da análise científica, mas a dedução dos cientistas modernos não é a mesma do pensamento dedutivo que Bacon considerava tão repugnante. Na ciência contemporânea, as deduções a partir de uma hipótese são conclusões plausíveis tiradas a partir da explicação provisória para o fato. Seu valor é sugerir que observações ou experimentos podem ser feitos para se validar ou refutar a hipótese, e nada mais além disso. As deduções dos antigos filósofos e teólogos eram com frequência tomadas como conclusões definitivas tiradas de verdades eternas, mas na realidade elas se baseavam em crenças ou imaginação fértil e não em evidências.

Os cientistas de hoje se esforçam no sentido de partir apenas das informações mais fidedignas e confirmáveis, fazendo a seguir uma constante interação entre procedimentos indutivos e dedutivos para chegar ao nível mais fundamental de compreensão do mundo natural. Essa compreensão não pode ser mais do que *“essa é a afirmação mais precisa que pode ser feita com base nas evidências disponíveis.”* Isso não significa que a ciência de hoje esteja “errada”; significa que ela será substituída amanhã por uma ciência melhor. Nossa análise do desenvolvimento dos conceitos de Genética fornecerão um excelente exemplo disso; a Genética de Mendel redescoberta em 1900 não estava errada, ela apenas foi ampliada em uma Genética melhor de Sutton (1903), de Morgan (1912) e, finalmente, na vasta e abrangente Genética atual.

Em resumo, a diferença fundamental entre o procedimento de Bacon e o procedimento por ele criticado é que as afirmações científicas precisam estar baseadas em informações tiradas de observações e/ou experimentos sobre fenômenos

naturais e não de idéias e princípios preconcebidos, ou crenças de autores clássicos, ou da imaginação, ou da superstição.

Não é correto dizer que Bacon acreditava que a indução fosse o único procedimento adequado para se chegar a afirmações científicas. Sua ênfase na indução foi mais no sentido de se opor à aparente total confiança que filósofos e teólogos tinham na dedução a partir de verdades pré-estabelecidas. Sua insistência na indução e na defesa da ciência experimental fizeram com que nos séculos seguintes o método experimental se tornasse sinônimo de método científico. Infelizmente isso é uma confusão entre o geral e o particular. Experimentos não constituem o único caminho para se testar hipóteses; elas também podem ser testadas pela simples observação ou por sua consistência lógica interna, como faziam os grandes geômetras gregos). A vantagem da experimentação é que por meio dela pode-se controlar a maioria da variáveis com exceção da que se está sendo testada. No entanto, o desenvolvimento da matemática estatística a partir do século passado forneceu técnicas poderosas que nos permitem realizar testes equivalentes aos experimentais com base apenas em dados da observação. Nesse processo lançamos mão de técnicas matemáticas para separar a influência de diferentes fatores. Foi isso que provocou um aumento dramático no número de estudos empíricos não-experimentais, especialmente na segunda metade desse século.

## A CIÊNCIA NO SÉCULO XX

Os séculos que se seguiram a Bacon foram dominados pela idéia de que as explicações científicas eram simples generalizações derivadas de uma série de observações. Isto é, a partir de uma série de observações de um fenômeno particular faz-se uma generalização - como todos os cisnes que já observei eram brancos concluo que “todos os cisnes são brancos”, ou, “toda vez que ocorre um relâmpago, segue-se um trovão”. O ponto central dessa idéia é que uma teoria científica desenvolve-se linearmente, em três estágios separados:

**observações → hipótese → teste da hipótese.**

Essa visão equivocada de ciência, denominada positivismo pelo filósofo-cientista francês Augusto Comte, perdurou em áreas das Ciências

Sociais e da Biologia até o século XX. Muitas pessoas ainda hoje vêm a ciência dessa forma e consideram erroneamente que ela consiste na descoberta de novos fatos acerca do mundo.

Desde o século XVII, no entanto, a visão positivista da ciência já era questionada. Em meados do século XVIII o filósofo escocês David Hume apontou um sério problema na indução de generalizações. Segundo ele, a única garantia que se tem para o sucesso do método indutivo é seu sucesso passado - o que nos faz supor que um próximo cisne que venhamos a encontrar seja branco é o fato de todos os anteriores terem sido brancos. Mas isso por si só é uma generalização e uma próxima observação - encontrarmos um cisne preto - pode derrubar essa generalização particular. Cria-se, assim, um círculo vicioso em que tentamos justificar uma generalização por uma outra igualmente incerta.

## A contribuição de Karl Popper

A tentativa mais conhecida para resolver esse paradoxo foi a do filósofo austríaco Karl Popper (1902-1994). Reconhecendo que as tentativas de defender a ciência em termos lógicos por referência à indução eram inevitavelmente inviáveis, Popper enfatizou que a idéia, até então vigente, de que os cientistas simplesmente acumulam exemplos de um fenômeno e, então, derivam generalizações a partir deles, estava errada. Na visão de Popper, os cientistas realmente fazem hipóteses sobre a natureza do mundo (às vezes, mas nem sempre, por meio de generalizações indutivas) e, então, submetem as hipóteses a testes rigorosos. Esses testes, no entanto, não são tentativas para **provar** uma teoria particular (uma forma de indução) mas sim tentativas de **negá-las**. Provas, ele argumenta, é algo logicamente impossível de se obter. Nós podemos apenas negar algo com alguma certeza, pois pelas diversas razões que Hume apontou, um único exemplo contra é suficiente para negar uma generalização; enquanto prová-la requereria a tarefa impossível de documentar todo exemplo de um fenômeno em questão (inclusive, presumivelmente, aqueles que ainda não aconteceram!).

Na visão popperiana, a pesquisa científica tem início com problemas, quando há algo errado com os fatos, isto é, quando a natureza não se comporta de acordo com o previsto por nossa visão de mundo. Como diz Popper: “*cada problema surge*

da descoberta de que algo não está de acordo com nosso suposto conhecimento; ou, examinado em termos lógicos, da descoberta de uma contradição interna entre nosso suposto conhecimento e os fatos.” Assim, os fatos em si nada significam, eles se tornam importantes quando conflitam com o saber vigente; observar simplesmente um fenômeno não tem sentido em ciência.

Uma vez identificado o problema, o pesquisador usa toda sua capacidade criativa para propor uma explicação provisória para o problema. Essa explicação nada mais é do que um palpite sobre o porquê da contradição entre o conhecimento vigente e o fato. Esse palpite é a hipótese. Uma hipótese científica, no entanto, não é uma criação a partir do nada, em sua elaboração o pesquisador lança mão das teorias vigentes relacionadas ao problema em questão, reunindo, analisando e interpretando toda informação disponível sobre o assunto. Pode-se dizer, portanto, que na elaboração de uma hipótese ocorre, em geral, um processo de indução.

As hipóteses provisórias são, então, submetidas a testes que ofereçam as mais severas condições para a crítica. Mas os únicos testes possíveis são aqueles que, eventualmente podem mostrar que a hipótese é falsa. **Não existe maneira em ciência de se mostrar que uma hipótese é correta ou verdadeira.** Assim, as hipóteses científicas se credenciam por meio de **testes de falseabilidade.** Neste tipo de teste, são feitas deduções a partir da hipótese, ou seja, imaginadas situações em que, se a hipótese for verdadeira (embora não se possa provar que ela o seja), haverá uma ou mais conseqüências específicas. As situações imaginadas devem oferecer todas as condições para que, se a hipótese não for correta, a previsão não se confirme e, assim a hipótese seja refutada.

E se a hipótese não for refutada? Rigorosamente devemos dizer que a hipótese não foi rejeitada ou refutada, e nunca que ela foi confirmada, pois, como vimos acima, não é possível validar uma hipótese positivamente, por mais rigor e controle que tenham sido usados em seu teste. Isso quer dizer que **em ciência, podemos ter certeza quando estamos errados, mas nunca poderemos ter a certeza de estarmos certos.** Assim, o conhecimento científico e os resultados em ciência não devem ser aceitos como definitivos e inquestionáveis; uma explicação em ciência é

aceita enquanto não tivermos motivos para duvidarmos dela, ou seja, **enquanto ela for “verdadeira” acima de qualquer suspeita.**

Como diz Bombassaro: *“Especialmente em ciência, aquele que julga ter encontrado uma resposta conclusiva dá mostras não somente de seu fracasso mas também do fracasso da própria ciência. Aquele que for incapaz de transpor os limites do pensamento dogmático, impostos pela educação científica formal, e não aceitar o jogo do pensamento crítico está longe de fazer ciência, pois não poderá resistir à constante transformação das teorias, à mudança conceitual e ao cada vez mais célere avanço do conhecimento.”*

Sobre essa nova visão de ciência, que substituiu o dogmatismo vigente até o final do século passado, François Jacob diz: *“No final desse século XX, é preciso que fique claro para todos que nenhum sistema explicará o mundo em todos os seus aspectos e detalhes. Ter ajudado na destruição da idéia de uma verdade intangível e eterna talvez seja uma das mais valiosas contribuições da metodologia científica.”*

### **Fatos, hipóteses, leis e teorias**

O termo hipótese é muitas vezes usado como sinônimo de “teoria”, mas há uma diferença entre eles. Uma hipótese, como vimos, é uma tentativa de explicação para um fenômeno isolado, enquanto teoria é um conjunto de conhecimentos mais amplos, que procura explicar fenômenos abrangentes da natureza. A teoria celular, por exemplo, procura explicar a vida a partir da estrutura e do funcionamento das células. A teoria da gravitação universal procura explicar os movimentos dos corpos por meio da força da gravidade.

Uma lei, por sua vez, é uma descrição das regularidades com que ocorrem as manifestações de uma classe de fenômenos. As teorias estruturam as uniformidades e regularidades descritas pelas leis em sistemas amplos e coerentes, relacionando, concatenando e sistematizando classes de fenômenos. Assim, embora seja universal, a lei tem um universo limitado, enquanto que a teoria abarca a totalidade do universo.

Os termos “hipótese” e “teoria”, usados na linguagem do dia-a-dia, podem ter conotação pejorativa: muitas vezes se usa a expressão *“Isso não passa de uma teoria”* como se uma teoria fosse inferior a um fato. Em ciência, porém, fatos,



hipóteses, teorias e leis são coisas diferentes, cada uma ocupando seu lugar no conhecimento. A respeito disso escreveu recentemente o biólogo norte-americano Stephen J. Gould: “[...] *Fatos e teorias são coisas diferentes e não de graus de uma hierarquia de certeza crescente. Os fatos são os dados do mundo. As teorias são estruturas que explicam e interpretam os fatos. Os fatos não se afastam enquanto os cientistas debatem teorias rivais. A teoria da gravitação universal de Einstein tomou o lugar da de Newton, mas as maçãs não ficaram suspensas no ar, aguardando o resultado. [...]*”

### A contribuição de Thomas Kuhn

Uma dificuldade na aplicação das idéias de Popper é que grande parte dos cientistas, senão todos, trabalham, não para provar o erro das teorias, mas sim na tentativa de definir seus limites de aplicação pela identificação de pontos em que a teoria não funciona (i.e. as áreas nas quais ela faz previsões incorretas).

O início de uma solução para esse dilema ocorreu na década de 1950, quando o físico e historiador de ciência Thomas Kuhn (1923 - 1996) se interessou em saber porque os físicos relutaram em abandonar a teoria newtoniana durante o século XIX, apesar do acúmulo de evidências contra ela. A partir do estudo da história da Física, Kuhn concluiu que a ciência progride de modo irregular. No livro *The Structure of Scientific Revolutions*, publicado em 1962, Thomas Kuhn defende a idéia de que o progresso em ciência se dá em duas etapas que poderíamos caracterizar como ajustes e mudanças drásticas, ou, para ser mais atual, por um equilíbrio pontuado. Kuhn salienta que, de tempos em tempos, ocorre uma revolução na maneira como os cientistas vêem seus problemas de pesquisa e os tipos das observações e experimentos que devem realizar. Alguma grande idéia, audaz e insólita, os leva a ver os dados existentes sob uma nova perspectiva, sugerindo um novo programa de pesquisa. Estas grandes idéias são, na terminologia de Kuhn, **paradigmas** – “*as realizações científicas reconhecidas universalmente que durante um certo tempo fornecem modelos de problemas e soluções para uma comunidade de cientistas.*”

Para Kuhn, um paradigma é uma maneira de ver a natureza; o mundo continua o mesmo, mas

um novo paradigma mostra o que antes os cientistas não conseguiam ver, pois vinham interpretando os fatos a partir das teorias fornecidas pelo paradigma em vigor. Como a ciência interpreta a natureza sempre a partir de um ponto de vista teórico, os problemas a serem resolvidos e as soluções encontradas dependem do ponto de vista teórico adotado pelos investigadores. Assim, um novo paradigma seria uma mudança do ponto de vista teórico adotado na interpretação de problemas e de soluções encontradas.

Uma vez ocorrida a “mudança de paradigma”, o campo de pesquisa passa por um período que Kuhn chamou de “**ciência normal**” durante o qual os cientistas exploram e testam as implicações do novo paradigma. O objetivo durante esse período é determinar as condições limites do novo paradigma - os limites de sua aplicabilidade. Eventualmente as previsões feitas pela nova teoria começam a ser submetidas a testes de falseabilidade.

A refutação de hipóteses previstas pela teoria, no entanto, não leva os cientistas a abandonar de imediato a teoria. Ao invés disso eles procuram defendê-la invocando hipóteses auxiliares que expliquem porque a teoria falhou naquelas circunstâncias. Mas, eventualmente, o peso das previsões refutadas torna-se tão grande que a teoria tem de ser abandonada. Nesse ponto, alguém sugere um novo paradigma, uma nova revolução científica irá ocorrer e um ciclo completo irá se iniciar novamente.

A seguir discutiremos dois grandes paradigmas na história da Citologia. O primeiro foi a teoria celular, que forneceu uma nova maneira de ver a estrutura dos organismos. Este paradigma teve um desenvolvimento lento mas, nos primeiros dois terços do século XIX, ocupou a atenção de muitos citologistas. A ciência normal que foi estimulada por este paradigma resultou na investigação de inúmeros tipos de organismos e, quase sempre, suas estruturas microscópicas “faziam sentido” nos termos da teoria celular. Estes estudos também ampliaram os limites do que poderia ser chamado de “célula”. A estrutura dos tecidos dos seres humanos foi investigada em grande detalhe e logo este conhecimento se tornou de considerável importância na Medicina como base da Patologia. A estrutura de células e tecidos doentes tornou-se um dos critérios mais eficientes para a identificação de doenças. Basta dizer que durante o século XIX, o diagnóstico e

não a cura, foi o auge da realização na Medicina. Os médicos eram muito mais capazes de identificar as doenças do que curá-las.

Kuhn acredita que na maioria das vezes um paradigma não evolui para um novo. Em vez disso, a área toma uma nova abordagem inteiramente diferente com um novo paradigma. Gradualmente os profissionais perdem interesse no velho paradigma e começam a trabalhar nos detalhes do novo, ou a maioria dos cientistas mais velhos sai de cena com seu velho paradigma e os jovens passam a fazer a ciência normal dentro dos parâmetros do novo paradigma.

Isto aconteceu na Citologia. No último terço do século XIX uma nova abordagem estava em voga. O novo paradigma pode ser chamado de teoria da continuidade cromossômica. Buscava-se seguir o comportamento dos cromossomos na mitose, na meiose e na fertilização. Muitos citologistas perderam o interesse em estabelecer se uma outra criatura tinha o corpo composto por células e, em vez disso, passaram a tentar descobrir qual era o papel dos cromossomos no ciclo celular. Mais uma vez, o novo paradigma fornecia uma base conceitual para um importante fenômeno biológico e guiava a pesquisa, a ciência normal, que analisava os detalhes.

### **Aparente antagonismo entre as idéias de Popper e Kuhn**

A princípio as visões de Kuhn e de Popper parecem ser diametralmente opostas. Elas, no entanto, não podem ser comparadas nesses termos, pois se referem a coisas distintas. A concepção de Popper é uma declaração prescritiva do que os cientistas devem fazer se eles desejam obter as coisas certas; a concepção de Kuhn é normativa sobre o que eles realmente fazem. Esse é o motivo, segundo o filósofo húngaro Imre Lakatos, de os cientistas parecerem se comportar de acordo com a visão de Popper em certas ocasiões, mas de acordo com Kuhn em outras. Lakatos argumenta que essa aparente contradição decorre do fato de os filósofos de ciência não reconhecerem que esses dois casos envolvem tipos de teorias radicalmente diferentes. Cientistas, segundo ele, trabalham em um mundo com diversos níveis no qual algumas teorias funcionam de um modo programático enquanto outras estão mais relacionadas com os detalhes de como o programa funciona.

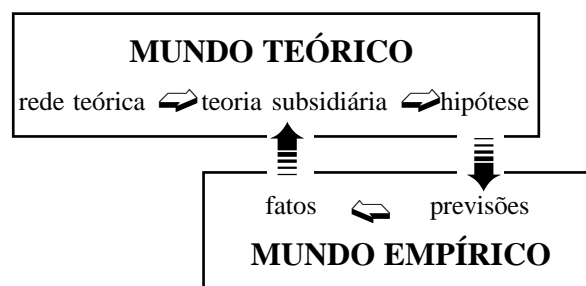
Uma teoria programática fornece aos cientistas as razões para fazer um experimento particular ou um modo particular de ver o mundo: ela funciona como um paradigma kuhniano. Dentro desse programa, os cientistas geram hipóteses subsidiárias que especificam como a rede teórica funciona na prática: é isso que os cientistas testam em detalhe e aceitam ou rejeitam de um modo popperiano. A teoria de evolução de Darwin por meio da seleção natural, por exemplo, fornece uma rede teórica aos biólogos de como interpretar o mundo vivo. Isso estimula-os a interpretar suas observações em um certo tipo de caminho e sugere hipóteses particulares para serem testadas. A hipótese subsidiária pode ou não ser correta, mas sua rejeição não é por si só evidência de que a rede conceitual é errada. Ela meramente nos diz que a rede não produziu os efeitos na maneira como nós supúnhamos.

Lakatos levanta outro ponto prático importante quando ele diz que não há razão para rejeitarmos uma teoria apenas porque existe evidência contra ela. Sem uma rede conceitual, nós não podemos fazer perguntas ou planejarmos experimentos. Assim não devemos abandonar uma rede teórica na ausência de uma melhor para substituí-la. Na verdade, o melhor caminho para se encontrar uma teoria alternativa é continuar fazendo testes de hipóteses geradas pelo velho paradigma. Fazendo isso, nós temos a chance de descobrir algum fato crucial que nos levará a um novo paradigma.

Teorias são idéias ou modelos de como o mundo funciona. Nós trabalhamos dentro de um mundo estritamente teórico deduzindo que consequências devem acontecer a partir das suposições e premissas do modelo; nós então testamos a validade do modelo comparando as previsões contra o mundo real. Uma vez que o modelo fornece previsões que coincidem com o que realmente observamos, nós continuamos a desenvolver o modelo. Mas quando o modelo falha ao prever corretamente a realidade, nós alteramos o modelo ou procuramos elaborar um melhor. Ciência, em outras palavras, é um processo de retro-alimentação: ela aprende a partir de seus próprios erros. Seu comportamento é darwiniano, no sentido de que apenas as teorias bem sucedidas sobrevivem.

Essas mudanças na perspectiva de como os cientistas realmente trabalham levam-nos a uma importante reinterpretação das relações entre

teoria e dados. Somos obrigados a fazer uma separação bem definida entre o mundo teórico e o mundo dos dados empíricos. Isso cria uma concepção de ciência circular ao invés de linear. Ela envolve dois mundos distintos mas paralelos (o mundo teórico no qual residem as teorias, e o mundo empírico das observações), ligados por um processo de retro-alimentação de testes de hipóteses:



Nota (texto extraído do livro Sementes da descoberta científica, de W. I. B. Beveridge, tradução de S. R. Barreto. T. A. Queiroz, Editor, Ltda e EDUSP, São Paulo, 1981):

“Na serendipidade [ou, serendipismo], o cientista depara com um acontecimento incomum, ou uma coincidência curiosa de dois acontecimentos não comuns, ou um resultado experimental inesperado. Não é o caso, aqui, de juntar idéias já meio formadas, ou procurar analogias sugeridas, porque o próprio observado é a descoberta, ou pelo menos um forte indício da descoberta; ela aparece de surpresa e pode ser recebida com dúvidas ou mesmo incredulidade. Enquanto uma intuição do tipo *eureka* provoca a exclamação “achei!”, isto é, uma solução intensamente procurada, na serendipidade se experimenta uma reação completamente diferente - alguma coisa foi encontrada, mas alguma coisa que **não** estava sendo procurada. Não é uma intui-

ção. Dois exemplos clássicos são os de Colombo, descobrindo o Novo Mundo enquanto procurava um caminho para o Oriente, e o da descoberta do raio-X por Röntgen, no qual poucos acreditaram no começo. A serendipidade é definida, em três dicionários que eu consultei, como “o dom de encontrar coisas valiosas em lugares inesperados por pura sorte”, “a faculdade de fazer felizes e inesperadas descobertas por acidente” e “um suposto dom de encontrar coisas valiosas e agradáveis que não se buscava.” A palavra serendipidade (*serendipity*) foi cunhada por Horace Walpole, em 1754, depois de ler um antigo conto de fadas oriental sobre três príncipes de Serendip [antigo nome do Ceilão]. Walpole escreveu: “eles estavam sempre fazendo descobertas, por acidente e sagacidade, de coisas que não estavam procurando [...] deve-se observar que **nenhuma** descoberta de algo que se **está** procurando surge como nesta descrição.”

## EXERCÍCIOS

### PARTE A: REVENDO CONCEITOS BÁSICOS

Preencha os espaços em branco nas frases de 1 a 13 usando o termo abaixo mais apropriado.

- |                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| (a) ciência normal          | (g) lei            |
| (b) conhecimento científico | (h) paradigma      |
| (c) dedução                 | (i) prova empírica |
| (d) fato                    | (j) senso comum    |
| (e) indução                 | (k) teoria         |
| (f) hipótese                |                    |

1. Um conjunto de idéias inter-relacionadas que procura explicar fatos abrangentes constitui um(a) ( ).

2. Um “palpite” sobre o porquê da ocorrência de um fenômeno é um(a) ( ).

3. ( ) é qualquer dado da natureza.

4. Uma previsão do que irá ocorrer em determinada situação, tendo por base uma explicação provisória para um fato, é um(a) ( ).

5. A reunião de diversas informações sobre um fato, na tentativa de encontrar uma explicação para sua ocorrência, é um(a) ( ).

6. Uma realização científica universalmente reconhecida que, durante algum tempo, fornece problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência é, na visão de Kuhn, um(a) ( ).

7. Uma evidência baseada na observação de um fenômeno natural ou experimental é um(a) ( ).

8. A descrição das regularidades das manifestações de uma classe de fenômenos é um(a) ( ).
9. Uma definição de ( ) pode ser: “um corpo de conhecimento obtido através de inferências lógicas baseadas em observações empíricas.”
10. ( ) é uma forma de conhecimento que não se preocupa com as explicações para os fenômenos naturais e quando as propõem não se preocupa em apresentar provas.
11. ( ), na visão de Kuhn, é o tipo de investigação que procura consolidar realizações científicas passadas.

## PARTE B: LIGANDO CONCEITOS E FATOS

Utilize as alternativas abaixo para completar as frases das questões 12 e 13.

- a. (1) dedução e (2) hipótese.  
 b. (1) hipótese e (2) dedução.  
 c. ambas hipóteses.  
 d. ambas deduções.
12. (1) *Se os bichos-da-goiaba surgem de ovos depositados por moscas na fruta*, (2) goiabas ensacadas não devem ficar bichadas. As partes (1) e (2) dessa frase são ( ).
13. Há mais de 100 anos, Charles Darwin e seu filho Francis (1) imaginaram que as plantas percebiam a luz através da ponta do caule e, assim, se curvavam em direção à fonte luminosa. (2) Se fosse esse o caso, plantas decapitadas, ou com a ponta do caule coberta, não se curvavam em direção a uma fonte luminosa. As partes (1) e (2) desse texto são ( ).

Utilize as alternativas abaixo para completar as frases de 14 a 18.

- (a) dedução (c) hipótese (e) teoria  
 (b) fato (d) lei
14. A idéia de que o universo surgiu entre 12 e 20 bilhões de anos atrás, a partir de uma grande explosão, explica e relaciona diversos fenômenos naturais. Por isso é considerada um(a) ( ).
15. Galileu, após realizar inúmeras observações, firmou que a velocidade de um corpo que cai livremente, a partir do repouso, é proporcional ao tempo e que o espaço percorrido é proporcional ao quadrado do tempo empregado para percorrê-lo. Isso é um(a) ( ).
16. A idéia de que a célula é a unidade morfofisiológica dos seres vivos é um(a) ( ).
17. Os aristotélicos diziam que as maçãs caem para baixo e não para cima por ser próprio da

natureza das coisas terranas cair para baixo. Essa idéia pode ser considerada um(a) ( ).

18. Segundo dizem, Newton observou uma maçã se desprender da macieira e cair ao chão. Isso é um(a) ( ).

Utilize as alternativas abaixo para completar as frases de 19 a 23.

- (a) Bacon (d) Kuhn  
 (b) Dobzhansky (e) Popper  
 (c) Hipócrates

19. A hipótese da pangênese foi proposta originalmente por ( ).

20. A frase “*Nada em Biologia faz sentido a não ser sob a luz da evolução.*” é de autoria de ( ).

21. A idéia de que uma hipótese só pode ser credenciada por meio de testes de falseabilidade, pois é impossível demonstrar sua veracidade, está ligada a ( ).

22. ( ) é considerado um dos introdutores de uma nova forma de investigar a natureza, a qual está na origem da ciência.

23. As expressões paradigma e ciência normal estão ligadas ao pensamento de ( ) sobre como ocorre o progresso em ciência.

Utilize as alternativas abaixo para completar as frases de 24 e 25.

- (a) conhecimento científico (e) teoria  
 (b) senso comum (d) fato  
 (c) dedução

24. A prática de salgar alimentos, como carne e peixe, para conservá-los pode ser considerada como ( ).

25. A idéia de que a presença de sal em alimentos, como carne e peixe, ajuda na sua conservação porque destrói os microorganismos por choque osmótico, pode ser considerada como ( ).

## PARTE C: QUESTÕES PARA PENSAR E DISCUTIR

26. No que o caminho da ciência se diferencia dos da filosofia e da religião?
27. O que deve levar um pesquisador a iniciar uma investigação científica?
28. Qual é a essência do método científico, ou seja, no que ele difere do método clássico (teológico-medieval) de se pensar a natureza?
29. O que é a dedução no método científico? Qual é seu valor? No que ela difere da dedução dos antigos filósofos e teólogos?

30. Qual é a principal característica do método dedutível - falseável?

31. Segundo Hanson, ver é um ato complexo que traz consigo uma 'carga teórica'. Para ilustrar isso ele propõe a seguinte situação: *"Pensemos em Johannes Kepler. Vamos imaginá-lo no alto de uma colina olhando o amanhecer. Com ele está Tycho Brahe. Kepler considera que o Sol está fixo, e a Terra se move. Mas Tycho, seguidor de Aristóteles e Ptolomeu, ao menos neste particular, sustenta que a Terra está fixa e que os demais corpos celestes se movem ao redor dela. Vêem Kepler e Tycho a mesma coisa no leste ao amanhecer?"*

32. Analise as imagens da ciência e dos cientistas veiculadas em propagandas na televisão. Elas correspondem à realidade? Que tipo de mensagem elas procuram passar ao consumidor?

33. Você está assistindo a um filme na televisão e, de repente, a imagem some. O que você faria com as mãos e com a mente? Descreva seu raciocínio em uma folha de papel. O que pode ser considerado

(a) atitudes baseadas no senso comum;

(b) atitudes baseadas no conhecimento científico?

(c) Tente identificar nas suas atitudes: hipóteses, teorias, fatos, leis e deduções.

34. "Ignac Semmelweis, numa época em que nada se sabia sobre microorganismos, fez uma pesquisa sobre as causas da febre puerperal no Hospital Geral de Viena e propôs um modelo para a compreensão do processo pelo qual ela era transmitida. Médicos e estudantes de medicina dissecavam cadáveres e examinavam mulheres doentes para, logo em seguida, ir cuidar de parturientes sadias. Uma porcentagem muito alta destas últimas contraía a doença e morria. Semmelweis sugeriu que a doença era transmitida pela matéria putrefata, que andava nas mãos de médicos e estudantes." (Alves, 1993)

Identifique no texto acima: hipóteses, teorias, fatos e deduções. Existe alguma hipótese que possa ser testada por falseabilidade? Se existir, comente o tipo de teste a ser realizado e as interpretações dos possíveis resultados.

35. Albert Einstein disse uma vez que consideraria seu trabalho um fracasso se novas e melhores teorias não viessem substituir as suas. Comente essa frase no contexto da visão moderna de conhecimento científico.

## Bibliografia complementar

ALVES, R. **Filosofia da ciência: introdução ao jogo e suas regras**. 18ª ed. São Paulo: Brasiliense, 1993

BOMBASSARO, L. C. **Ciência e mudança conceitual. notas sobre epistemologia e história da ciência**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1995.

BRONOWSKI, J. **O senso comum da ciência**. Belo Horizonte: Itatiaia/ EDUSP, 1977.

BRONOWSKI, J. **O homem e a ciência**. Belo Horizonte: Itatiaia/ EDUSP, 1979.

DUNBAR, ROBIN I. M. **The trouble with science**. Cambridge Massachusetts: The Harvard University Press, 1995

FREIRE-MAIA, N. **A ciência por dentro**. 2ª ed. Petrópolis: Vozes, 1992.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos da metodologia científica**. 13ª ed. Porto Alegre: EDUCS/EST/ Vozes, 1992.

POPPER, K. R. **Conhecimento objetivo**. Belo Horizonte: Itatiaia / EDUSP, 1975.

ZIMAN, J. **Conhecimento público**. Belo Horizonte: Itatiaia / EDUSP, 1979.